

11  
1  
B  
96

STICHTING PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

De water- en mineralenhuishouding van een bedrijf  
met een komkommerteelt op steenwol

A.M.M. van der Burg

dr. Ph. Hamaker (I.C.W., Wageningen)

Naaldwijk, september 1982

Intern verslag nr. 41

2235286

## INHOUD

	Pag.
1. Inleiding	1
2. Gegevens met betrekking tot het bedrijf en de teelt	1
3. Opzet van het onderzoek	4
4. De uitvoering van het onderzoek	5
4.1. Inleidende opmerkingen	5
4.2. Meting van de grootheden D en R van de waterbalansvergelijking	5
4.3. Bepaling van de aanvoer- en afvoergrootheden van de mineralenbalansvergelijking	7
4.4. Andere bemonsteringen en analyses	8
5. Opmerkingen over het verloop van de teelt	8
6. Resultaten van het onderzoek naar de waterhuishouding	10
6.1. De waterbalans	10
6.2. Vergelijking van de gemeten en berekende verdamping	12
7. Resultaten van het onderzoek naar de mineralenhuishouding	13
7.1. De zout- en voedingstoestand in het druppel-, mat- en drainwater	13
7.2. De aan- en afvoer van mineralen met het druppel- en drainwater	18
7.3. De opname van mineralen door het gewas	20
7.4. De mineralenbalans	24
8. Discussie	26
9. Samenvatting en conclusies	27
10. Bijlage (analyse van de steenwolmat)	28

## 1. Inleiding

De substraatteelt, met name de teelt van komkommers op steenwol, stond aan het eind van de jaren zeventig sterk in de belangstelling. Het areaal breidde zich uit van 15 ha in 1976 tot 85 ha in 1978. Verwacht werd dat deze uitbreiding zich in de volgende jaren zou voortzetten.

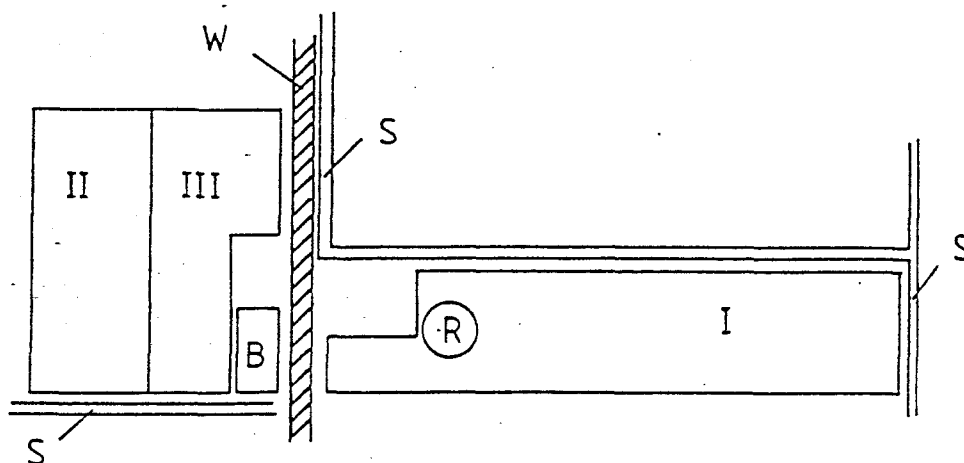
Vanuit het onderzoek en de bemestingsadvisering werd gesteld, dat onder andere voor een goede begeleiding van de teelt op het gebied van de bemesting, een beter inzicht in de water- en mineralenhuishouding op praktijkbedrijven nodig was. Een water- en mineralenbalansonderzoek bij een teelt op steenwol verschaft inzicht in het water- en mestverbruik bij een dergelijk systeem. Hiermee kunnen vragen op het financieel-economisch terrein en naar de mate van uitspoeling van mineralen naar het grondwater worden beantwoord.

Het onderzoek vond plaats op een bedrijf te Monster in de periode van 19 januari 1979 tot 27 augustus 1979 bij een teelt van komkommers op steenwol. In dit rapport wordt eerst een beschrijving van het bedrijf en het teeltsysteem gegeven. Verder worden de waarnemingen die verricht zijn, omschreven. Vervolgens worden de resultaten van de waterbalans gegeven. Aan de hand van de waterbalans en de mineralen samenstelling van het druppel- en drainwater worden de aanvoer en afvoer van mineralen berekend. Verder wordt het verloop van de concentratie van voedings-elementen in druppel-, mat- en drainwater gegeven. Ook wordt de gewas-opname besproken.

In een bijlage zijn de analyseresultaten opgenomen van enkele extracten van de steenwolmat vóór en na de teelt. Met deze gegevens werd getracht na te gaan welke invloed de steenwolmat op de mineralenhuishouding had.

## 2. Gegevens met betrekking tot het bedrijf en de teelt

Figuur 1. is de plattegrond van het bedrijf waar het onderzoek heeft plaatsgevonden. Het bedrijf bestaat uit twee gedeelten. Tussen beide gedeelten ligt een verharde weg. Het gedeelte gelegen aan de oostzijde van de verharde weg heeft een oppervlakte van 9.800 m<sup>2</sup> en wordt verder aangeduid als afdeling I. Het gedeelte ten westen van de verharde weg is onderverdeeld in twee afdelingen; afdeling II met een oppervlakte van 4.600 m<sup>2</sup> en afdeling III met een oppervlakte van 4.300 m<sup>2</sup>.



- I, II, III : Kassen (9800, 4600, 4300 m<sup>2</sup>)
- W : Verharde weg
- S : Sloten
- R : Hyperfiltratie installatie met reservoir (100 m<sup>3</sup>)
- B : Regenwaterbassin (2000 m<sup>3</sup>)

Figuur 1. Plattegrond van het bedrijf.

De bouw van deze laatste afdeling kwam gereed in mei 1979, tijdens de periode van onderzoek. Alle opstanden zijn van het Venlo-type. In totaal was naast het beteelde oppervlak 860 m<sup>2</sup> betonpad overkapt. De kassen waren uitgerust met vijf verwarmingsbuizen per kap van 3.2 meter breedte. De klimaatregeling was half automatisch.

In figuur 1 zijn ook langs de kassen lopende boezemsloten aangegeven. De twee ketelhuizen liggen in het centrum van beide gedeelten.

Voor de watervoorziening werd tussen afdeling III en de verharde weg een bassin aangelegd met een inhoud van 2.000 m<sup>3</sup>. De aanleg kwam gereed medio april 1979. In het bassin werd alleen de regenwaterafvoer van afdeling III opgevangen. Voor verreweg het grootste gedeelte van de watervoorziening was het bedrijf aangewezen op door hyperfiltratie ontzoute bronwater. De plaats van de ontzoutingsinstallatie in afdeling I is in figuur 1 aangegeven. Het bronwater werd betrokken uit een 33 meter diepe bron en het brijn werd op een diepte van 40 meter geloosd.

De capaciteit van de ontzoutingsinstallatie was aanvankelijk 60 m<sup>3</sup> per dag en werd in april 1979 opgevoerd tot een capaciteit van 90 m<sup>3</sup> per dag. Het ontzoute water werd opgeslagen in een naast de ontzoutingsinstallatie geplaatst reservoir met een inhoud van 100 m<sup>3</sup> van waaruit de watervoorziening van het gewas plaatsvond. Ook het water uit het regenwaterbassin werd via dit kleine reservoir over het bedrijf gedistribueerd.

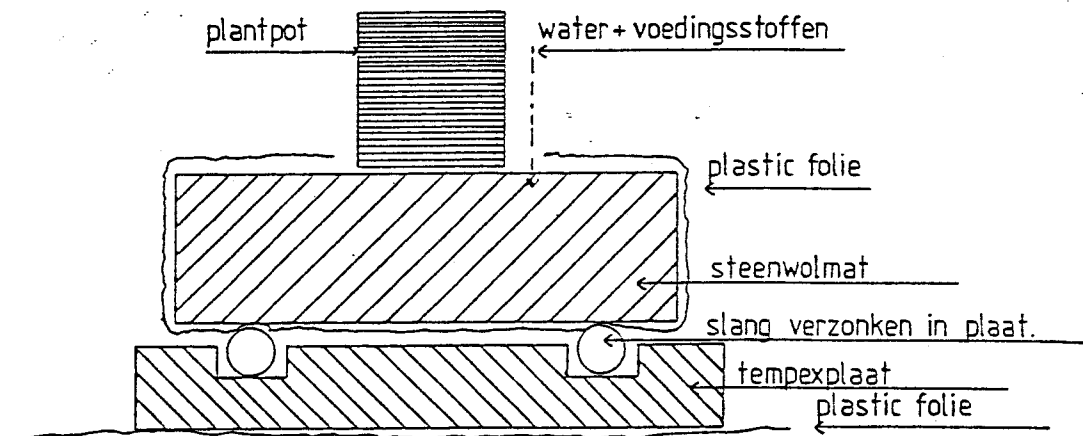
Via een mestdoseerunit werden de meststoffen in de gewenste verhouding en concentratie aan het basiswater toegevoegd. De druppelduur en frequentie kon met een tijdsduur- en tijdstipklok worden ingesteld.

De instelling was afhankelijk van het weer, de plantgrootte, het stoken en van de inzichten van de tuinder. De watergift was dus niet direct aan de wateropname door het gewas gekoppeld.

Het onderzoek vond plaats tijdens de komkommerteelt welke duurde van 19 januari 1979 tot 27 augustus 1979 in de afdelingen I en II. In afdeling III werd op 15 mei 1979 geplant. Deze teelt werd in oktober beëindigd. Het plantverband was 0.40 x 1.60 meter.

Figuur 2 geeft een beeld van het teeltsysteem.

Onder de kasgoot werd aan beide zijden van de staanders een sleuf gegraven. Met de vrijgekomen grond werden de looppaden bolvorming opgewerkt.



Figuur 2. Dwarsdoorsnede van het substraatsysteem zoals het werd gebruikt op het onderzoekbedrijf.

Het drainwater uit de mat werd in deze sleuf gevoerd zodat de looppaden droog bleven. De bodem ter plaatse van de steenwolmat werd vlak gemaakt. De grond werd afgedekt met wit plastic folie. Op deze folie werden per kap twee banen tempex platen (breedte 30 cm) gelegd waarin per plaat twee verwarmingsslangen werden verzonken. Hierop werden de steenwolmatten gelegd. De matten hadden een breedte van 30 cm en een dikte van 7.5 cm. Plastic folie werd om de matten geslagen waarbij aan de bovenzijde van de mat een niet met folie bedekte strook met een breedte van 8 à 10 cm overbleef. Op de mat werd de in een plantpot van steenwol opgekweekte plant geplaatst.

Per plant werd één druppelaar geplaatst, aanvankelijk op de plantpot, later op de mat vlak naast de plantpot. Deze druppelaar was voorzien van een schroefdraad-druk-reduceerdop.

### 3. Opzet van het onderzoek

Het onderzoek werd opgezet met de bedoeling de water- en mineralen-huishouding op het bedrijf te kwantificeren. De waterhuishouding en de mineralenhuishouding kunnen worden gekwantificeerd aan de hand van zogenaamde balansvergelijkingen. In het onderstaande zullen de water-balansvergelijking en de mineralenbalansvergelijking voor de steenwolmat achtereenvolgens worden besproken.

De waterbalansvergelijking voor de steenwolmat is:

$$B_w = R - E - D \quad (1)$$

Hierin is  $B_w$  = verandering in de vochtberging  
in de steenwolmat  
 $R$  = aanvoer van druppelwater  
 $E$  = evapotranspiratie (inclusief de wateropname  
ten behoeve van de gewasontwikkeling) (zie opmerking)  
 $D$  = "drainwater" uit de mat.

Alle grootheden worden uitgedrukt in mm water. Daar de vochttoestand in de mat steeds op peil wordt gehouden zijn de vochtbergingsveranderingen verwaarloosbaar klein voor niet te korte balansperioden. De vereenvoudigde balansvergelijking is dan:

$$E = R - D \quad (2)$$

Waarbij de evapotranspiratie  $E$  als restgrootheid van de balansvergelijking wordt beschouwd.

N.B. De evapotranspiratie zal hoofdzakelijk bestaan hebben uit transpiratie omdat de steenwolmat voor een groot gedeelte was afgedekt en dientengevolge de evapotranspiratie gering zal zijn geweest.

De mineralenbalansvergelijking voor de steenwol is:

$$B_m = I_b + I_r + I_s + I_l + I_m - U_d - U_p \quad (3)$$

Hierin is

$I_b$  = aanvoer mineralen met het ontzoute bronwater  
 $I_r$  = aanvoer mineralen met het regenwater  
 $I_s$  = aanvoer mineralen met het slootwater  
 $I_l$  = aanvoer mineralen met het leidingwater  
 $I_m$  = aanvoer mineralen uit oplosbare kunstmest via druppelwater  
 $U_d$  = afvoer van mineralen uit de mat via het "drainwater"  
 $U_p$  = opname van mineralen door het gewas  
 $B_m$  = verandering van de hoeveelheid mineralen in de mat over de beschouwde periode.

Waar in het vervolg sprake is van  $I_w$  (aanvoer via het basiswater)

wordt daarmee bedoeld de som van  $I_b$ ,  $I_r$ ,  $I_s$  en  $I_l$ . De vereenvoudigde balansvergelijking is dus:

$$B_m = I_w + I_m - U_d - U_p \quad (4)$$

Alle grootheden in bovenstaande vergelijkingen worden uitgedrukt voor wat betreft de macro-elementen in kilogrammen per hectare (kg/ha) en voor de sporenelementen in grammen per hectare (g/ha).

#### 4. De uitvoering van het onderzoek

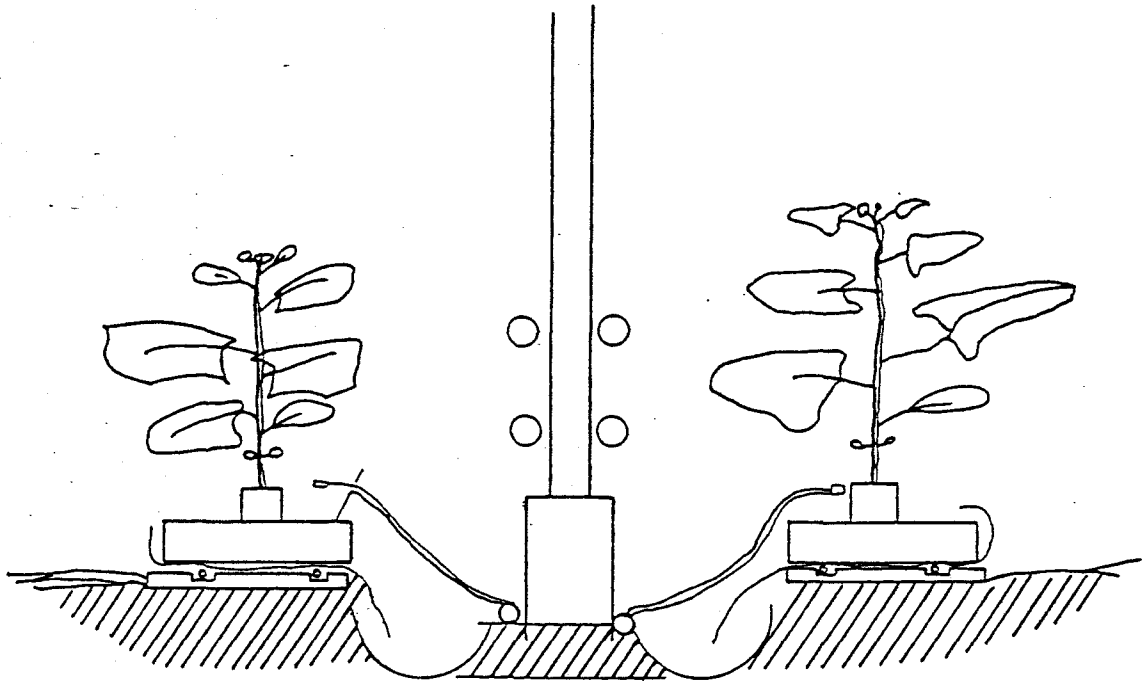
##### 4.1. Inleidende opmerkingen

In de vorige paragraaf werd vermeld dat de grootheid E met betrekking tot de evapotranspiratie als restgrootheid van de waterbalansvergelijking wordt beschouwd. Dit houdt in dat de grootheden R en D gemeten moeten kunnen worden. Evenzo is  $B_m$  de restterm van de mineralenbalansvergelijking en moeten dus de grootheden  $I_w$ ,  $I_m$ ,  $U_d$  en  $U_p$  meetbaar zijn. De meting van de wateraanvoer R en de daarmee samenhangende aanvoer van mineralen ( $I_w + I_m$ ) kan in principe voor de totale bedrijfsoppervlakte worden uitgevoerd. Dit is echter niet gebeurd om redenen waarop in paragraaf 4.3. nader wordt ingegaan. De meting van de drainafvoer D en de daarmee samenhangende afvoer van mineralen  $U_d$  vereist bepaalde technische voorzieningen. Bepaling van deze grootheden voor het bedrijf in zijn totaliteit was dan ook niet praktisch uitvoerbaar.

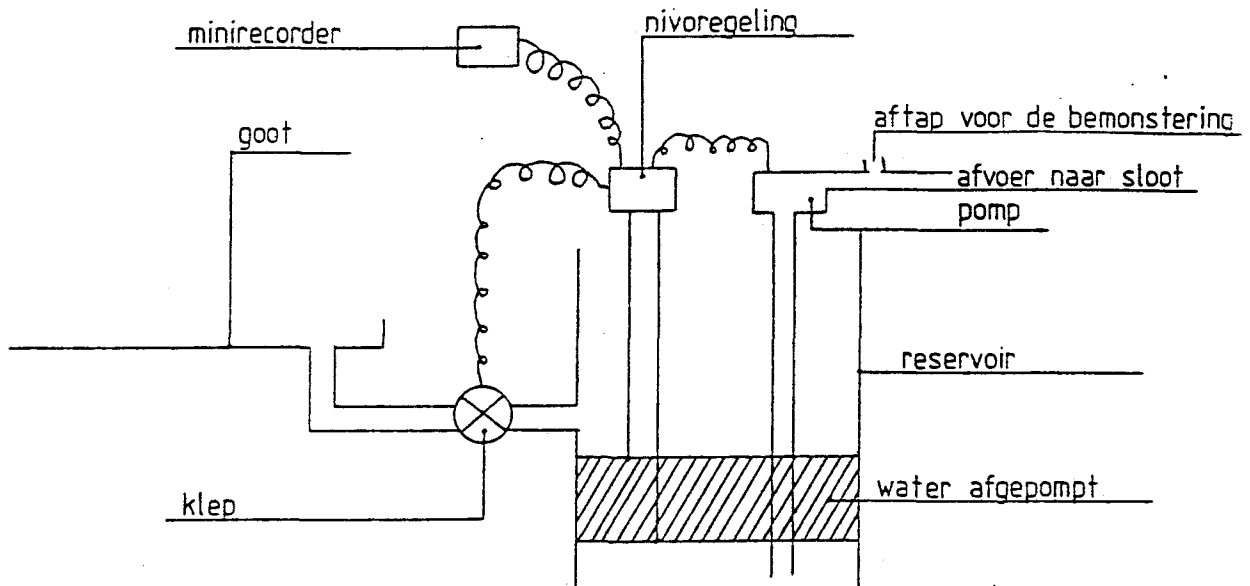
##### 4.2. Meting van de grootheden D en R van de waterbalansvergelijking

De figuren 3 en 4 hebben betrekking op de technische voorzieningen die werden getroffen over een beperkte oppervlakte binnen afdeling I om de drainafvoer D meetbaar te maken. Deze oppervlakte zal verder worden aangeduid als het onderzoekgedeelte.

In figuur 3 is aangegeven dat het onder uit de mat stromende drainwater langs een plastic folie in een kunststof goot wordt geleid.



Figuur 3. Geschematiseerde dwarsdoorsnede van het onderzoekgedeelte in kasafdeling I met de getroffen voorzieningen om het drainwater op te vangen.



Figuur 4. Dwarsdoorsnede van het drainwateropvangsysteem.



Dit drainwater stroomt vervolgens via deze goot naar een reservoir zoals in de dwarsdoorsnede van figuur 4 is aangegeven. De afvoer uit dit reservoir vindt plaats door een niveauregelaar gestuurde pomp.

Vóór het afpompen van het drainwater werd de gootafvoer automatisch geblokkeerd met behulp van een klep.

Zodoende werd steeds een constante hoeveelheid water afgepompt. Het draaien van de pomp werd geregistreerd door een minirecorder. De voorzieningen als aangegeven in figuur 3 werden over een lengte van 33 meter aangebracht en hebben betrekking op een teeltoppervlakte van  $33 \times 3.2 = 105 \text{ m}^2$ .

Het lag aanvankelijk in de bedoeling de grootheid  $R$  te bepalen uit de gegevens over de druppelintensiteit, de druppelduur en de druppelfrequentie. De druppelduur en druppelfrequentie werden geregistreerd door een minirecorder. Al gauw bleek dat door vervuiling van het filter achter de systeempomp de druppelintensiteit onregelmatig varieerde. Dit had tot gevolg dat de druppelgift niet uit bovengenoemde gegevens kon worden afgeleid. De watergift  $R$  moest worden bepaald door een aantal directe metingen. Deze metingen werden als volgt uitgevoerd. Van vijf druppelaars buiten het onderzoeksgedeelte (maar wel aangesloten op de zelfde kraan) werd het water in evenzoveel tankjes opgevangen. De waterhoeveelheden in de tankjes werden wekelijks gemeten. De gemiddelde waterhoeveelheid werd evenredig verondersteld met de gift op het onderzoeksgedeelte. De druppelintensiteit vertoonde naar werd aangenomen eenzelfde evenredigheid. De druppelintensiteit van de druppelaars op het onderzoeksgedeelte en van de druppelaars aangesloten op de tankjes werd telkens bij het leegmaken van de tankjes bepaald. Deze meting moest zo frequent gebeuren, omdat door vervuiling van de druppeldoppen de intensiteit steeds varieerde. Steeds werd de verhouding tussen de beide druppelintensiteiten berekend. De aldus aan het begin en aan het eind van de opvangperiode gevonden quotiënten werden gemiddeld. Voor het berekenen van  $R$  over die periode werd de gemiddelde hoeveelheid die werd gevonden in de tankjes vermenigvuldigd met het gemiddelde quotiënt van de intensiteiten.

#### 4.3. Bepaling van de aanvoer- en afvoergrootheden van de mineralen-balansvergelijking

De aanvoer van mineralen met het druppelwater ( $I_n + I_m$ ) werd berekend aan de hand van de wateraanvoer en de mineralensamenstelling daarvan.

De bepaling van de hoeveelheden druppelwater is in par. 4.2. reeds besproken. Naast de aanvoer van de in het basiswater aanwezige mineralen werd steeds mest aan het basiswater toegevoegd. De concentraties in het druppelwater werden dus bepaald door de concentraties in het basiswater, de instelling van de concentratieregelaar en de samenstelling van de geconcentreerde mestoplossing. Het druppelwater op het onderzoeksgedeelte werd automatisch en proportioneel bemonsterd. De gegevens over de totale via de druppelinstallatie gedoseerde hoeveelheden kunstmest werden door de tuinder genoteerd. De aanvoer van mineralen naar het onderzoeksgedeelte kon dus worden vergeleken met de aanvoer naar het hele bedrijf.

De afvoer  $U_d$  van mineralen met het drainwater werd berekend uit de grootte van de drainafvoer  $D$  en de mineralensamenstelling van het drainwater.

De meting van de drainafvoer is in par. 4.2. besproken. Het drainwater van het onderzoeksgedeelte werd automatisch bemonsterd door een vat van 28 liter met een nylon stang te koppelen aan de persleiding van het drainafvoerpompje. Dit is aangegeven in figuur 4.

De bepaling van de gewasopname  $U_p$  tijdens de periode van onderzoek is onvolledig geweest. De vruchtproduktie van de teelt kon niet worden achterhaald. Daarom werd voor de afgevoerde vruchtmassa gerekend met gegevens over de gemiddelde produktie van op steenwol geteelde komkommers (Keyzer, 1978 (1)). Wel werden regelmatig tijdens de teelt monsters genomen van de oogstrijpe vruchten. Uiteindelijk werden, na de beëindiging van de teelt de gedroogde monsters samengevoegd tot één "gemiddeld" monster. De minerale samenstelling van dit monster werd bepaald. Aan de hand van de geproduceerde verse massa aan vruchten, het droge stofgehalte en de mineralensamenstelling van de droge stof kon de afvoer van mineralen via de vruchten worden berekend. Voor de bepaling van de opname en afvoer via plantendelen werd het snoeimateriaal bemonsterd en de afgevoerde verse massa geschat. De hoeveelheid mineralen in het afgedragen komkommergewas werd vastgesteld door bij de beëindiging van de teelt op het onderzoeksgedeelte zes planten te nemen, waarvan het versgewicht, het droge stofgehalte en de mineralensamenstelling van de droge stof werd bepaald. De mineralen in het wortelstelsel zijn buiten beschouwing gelaten.

#### 4.4. Andere bemonsteringen en analyses

Behalve de bemonstering van het druppel- en drainwater, het gewas en de vruchten werd ook de voedingsoplossing in de mat bemonsterd. Zowel op het onderzoeksgedeelte als daarbuiten werd in afdeling I de voedingsoplossing in de mat elke twee weken bemonsterd. Deze bemonstering werd uitgevoerd om inzicht te krijgen in het verloop van de zout- en voedings-toestand in de wortelzone.

Alle watermonsters werden geanalyseerd op  $\text{NO}_3\text{-N}$ , totaal N, P, K, Mg, Ca,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ , Na, Cl, Fe, Mn, Zn en Cu. Ook werd de EC en de pH bepaald. In de gewasmonsters bleven de bepaling van de EC, de pH en van  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  en Cu achterwege.

#### 5. Opmerkingen over het verloop van de teelt

Tijdens de teelt hebben zich een aantal bijzondere omstandigheden voorgedaan die van invloed zijn geweest op de water- en mineralenhuishouding. Deze bijzondere omstandigheden worden in dit hoofdstuk achtereenvolgens kort besproken.

##### - verstopping van de druppelaars

Tijdens de teeltperiode was een organische verontreiniging de veroorzaker van verstopping van het druppelsysteem. De waterverdeling was daardoor ongelijkmatig. Om op plaatsen met een lage druppelintensiteit toch nog voldoende water te krijgen werd op plaatsen met een hoge druppelintensiteit onnodig veel water gegeven, waardoor daar een relatief grote doorspoeling van water en mineralen plaatsvond.

##### - kwaliteit van de steenwolmat

De steenwolmat was niet uniform van kwaliteit. Enkele stukken mat hadden een klein waterabsorberend vermogen. Om de op die matten staande planten toch voldoende water te geven werd het water geven geïntensiveerd.

- drainage van de steenwolmat

In januari werd de mat gedraineerd. Hierbij werden vanaf halverwege de mat tot aan de onderkant van de mat verticale sneden gemaakt in het omhullende plastic. Hierdoor kon het niet door de mat geabsorbeerde water vrij onder uit de mat wegstromen. In juni werd deze vrije wegstroming tijdelijk beperkt. Hiertoe werden de drainagespleten in het omhullende plastic met tape dicht geplakt. Deze maatregel had een grotere waterberging in de mat tot doel, om daarmee de uitspoeling te verminderen. Eind juni werd de mat opnieuw gedraineerd door het maken van nieuwe verticale sneden in het omhullende plastic. De sneden liepen nu echter niet helemaal door tot de onderzijde van de mat, zodat een laagje water in de mat bleef staan.

- kasverwarming

Ter plaatse van het onderzoeksgedeelte bleken enkele verwarmingsbuizen niet te functioneren. Dit euvel deed zich gedurende de gehele teeltperiode voor.

Verdere opmerkingen over het verloop van het onderzoek betreffende de volgende punten:

- plantuitval

Buiten het onderzoeksgedeelte liep de totale plantuitval tijdens de teelt op tot 22%. In het onderzoeksgedeelte liep dit op van 4% op 21 mei tot 11% aan het einde van de teelt. De plantuitval werd vooral veroorzaakt door ziekten en verdroging op plaatsen waar de druppelintensiteit ten gevolge van eerder genoemde verstoppingsproblemen onvoldoende was.

- herkomst van het druppelwater

In de periode met een groot waterverbruik in juli 1979 werden naast bron- en regenwater ook kleine hoeveelheden oppervlakte- en leidingwater gebruikt. De hoeveelheden sloot- en leidingwater worden geschat op respectievelijk 10 en 15 mm.

- de gebruikte meststoffen, soorten en hoeveelheden

In principe werd er bemest volgens het in tabel 1 opgenomen schema (Aooo).

Oplossing A		Oplossing B	
kalksalpeter	72.8 kg	kalisalpeter	35.4 kg
kalisalpeter	5.0 kg	monokalifosfaat	20.4 kg
ijzerchelaat Fe DP	0.83 kg	zwavelzurekali	4.4 kg
		bitterzout	18.5 kg
		mangaansulfaat	160 g
		zinksulfaat	110 g
		borax	180 g
		kopersulfaat	12 g
		natriummolybdaat	12 g

Tabel 1. De meststoffen en hoeveelheden zoals ze in principe per kubieke meter in de twee oplosbakken A en B werden opgelost (schema Aooo).

Indien de stand van het gewas of de concentraties in de matoplossing daartoe aanleiding gaven werd van dit schema afgeweken. Zo werd in de periode van 26 maart tot 8 april gewerkt met een extra stikstofbemesting. Daartoe werd de hoeveelheid kalksalpeter in oplossing A verhoogd tot 82 kg en de totale hoeveelheid kalisalpter werd verlaagd tot 30 kg. Ook daarna werden de hoeveelheden kalksalpeter en kalisalpeter in lichte mate aangepast. Voor wat betreft monokalifosfaat, bitterzout en zwavelzure kali werden steeds de aangegeven hoeveelheden opgelost. In de periode tot 10 juni werd steeds 1.0 kg Fe DP opgelost in plaats van de in tabel 1 aangegeven hoeveelheid van 0.83 kg. Na het in gebruik nemen van het regenwaterbassin in mei werd tot half juni geen zinksulfaat gebruikt. Daarna was de zinksulfaatbemesting afhankelijk van het regenwatergebruik. Vanwege het hoge boriumgehalte in het ontzoute bronwater werd in de periode na half april het gebruik van borax gehalveerd ten opzichte van de in tabel 1 aangegeven hoeveelheid. De overige sporenelementen werden steeds volgens het schema van tabel 1 opgelost. Behalve de mest, toegediend via de concentratiemeter, werd nog in totaal 400 kg kalibicarbonaat opgelost in het reservoir in afdeling I ter verhoging van de lage pH van het ontzoute water. Verder werd 70 liter fosforzuur gebruikt om het druppelsysteem te reinigen.

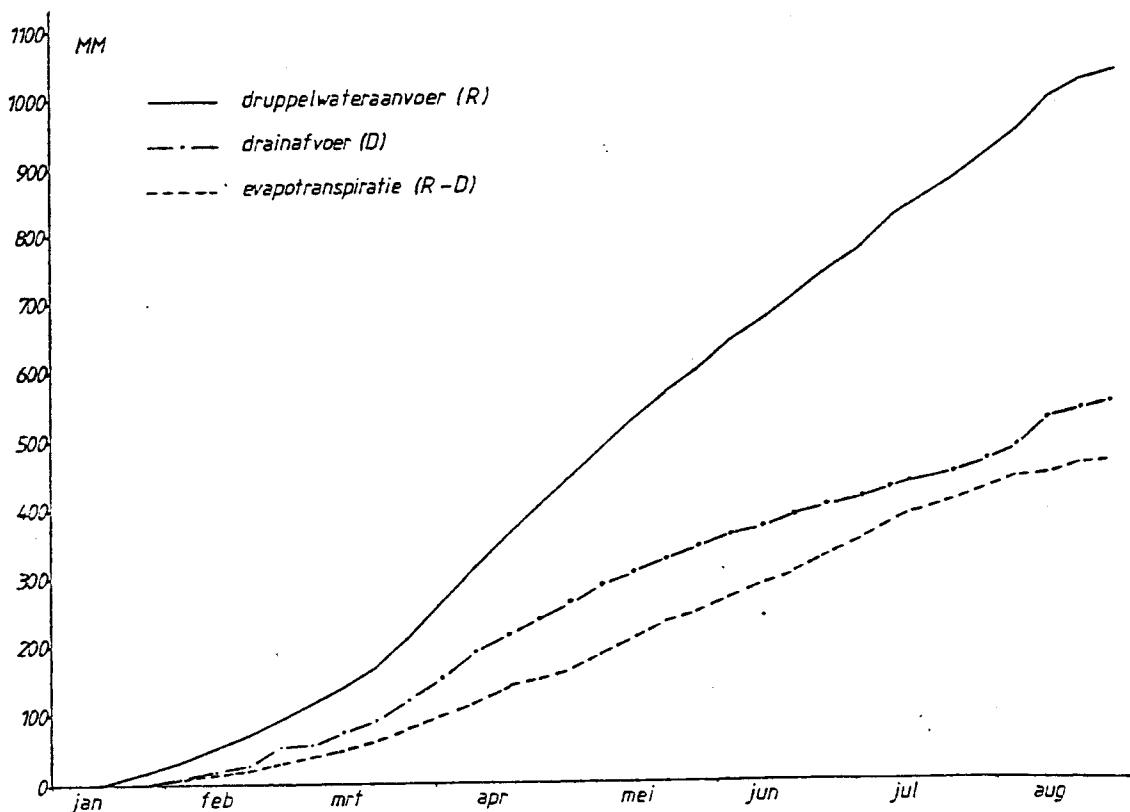
## 6. Resultaten van het onderzoek naar de waterhuishouding

### 6.1. De waterbalans

Periode	R (mm)		D (mm)		E <sub>g</sub> (mm)		E <sub>b</sub> (mm)	
	p.p	cum.	p.p	cum.	p.p	cum.	p.p	cum.
19/01-29/01	21	21	1	1	4	4	(2)	2
29/01-05/02	16	37	9	10	7	11	(3)	5
05/02-12/02	13	50	9	19	4	15	(5)	10
12/02-19/02	21	71	15	34	6	21	(6)	16
19/02-26/02	23	94	16	50	7	28	(7)	23
26/02-05/03	22	116	14	64	8	36	(13)	36
05/03-12/03	26	142	17	81	9	45	(16)	52
12/03-19/03	27	169	17	98	10	55	10	62
19/03-26/03	45	214	28	126	17	72	17	79
26/03-02/04	49	263	31	157	18	90	16	95
02/04-09/04	56	319	39	196	17	107	17	112
09/04-17/04	50	369	25	221	25	132	25	137
17/04-23/04	34	403	20	241	14	146	17	154
23/04-30/04	40	443	23	264	17	163	19	173
30/04-07/05	45	488	27	291	18	181	23	196
07/05-14/05	44	532	21	312	23	204	26	222
14/05-21/05	38	570	15	327	23	227	28	250
21/05-28/05	28	598	16	343	12	239	21	271
28/05-05/06	43	641	18	361	25	264	28	299
05/06-11/06	29	670	12	373	17	281	25	324

Periode	R (mm)		D (mm)		E <sub>g</sub> (mm)		E <sub>b</sub> (mm)	
	p.p	cum.	p.p	cum.	p.p	cum.	p.p	cum.
11/06-18/06	35	705	19	392	16	297	24	348
18/06-25/06	34	739	11	403	23	320	31	379
25/06-02/07	34	773	11	414	23	343	28	407
02/07-09/07	43	816	18	432	25	368	30	437
19/07-13/07	18	834	6	438	12	380	16	453
13/07-23/07	38	872	15	453	23	403	28	481
23/07-06/08	70	942	34	487	36	439	51	532
06/08-13/08	44	986	39	526	5	444	19	551
13/08-20/08	30	1016	17	543	13	457	21	572
20/08-27/08	12	1028	7	550	5	462	20	592

Tabel 2. De waterbalansgegevens per periode en cumulatief. R en D zijn respectievelijk de druppelaanvoer en de drainafvoer onderzoeksgedeelte; E<sub>g</sub> is de daaruit afgeleide evapotranspiratie; E<sub>b</sub> is de via stralingsgegevens berekende evapotranspiratie.



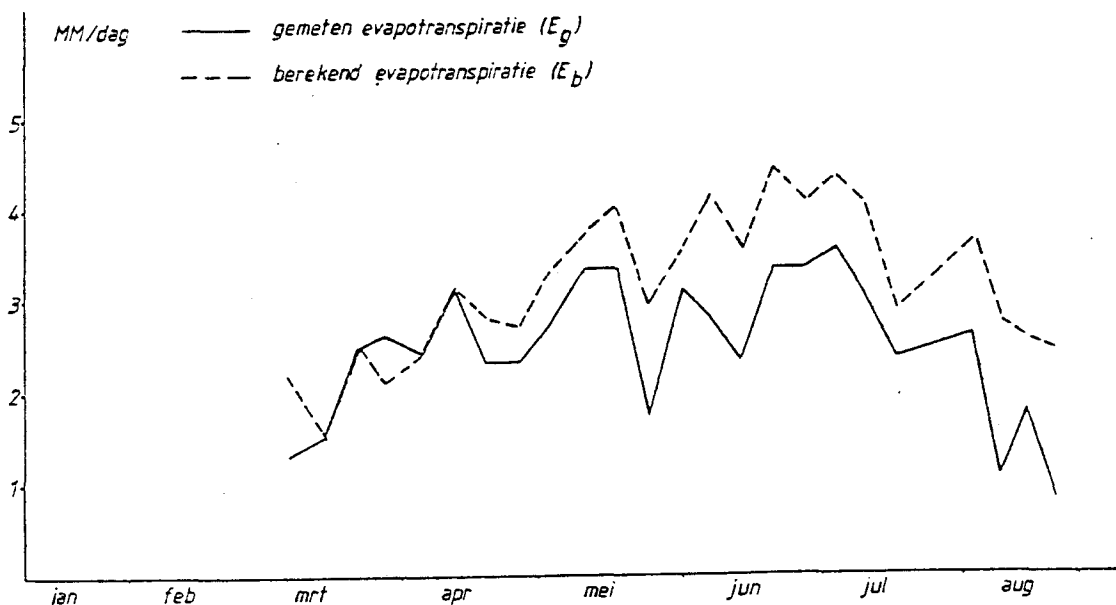
Figuur 5. De gemeten cumulatieve druppelwateraanvoer, de gemeten cumulatieve drainafvoer en de daaruit afgeleide cumulatieve evapotranspiratie.

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de watergift (R), drainafvoer (D) en de gemeten evapotranspiratie ( $E_g$ ). In figuur 5 zijn de cumulatieve aanvoer, de afvoer van water en de als het verschil daartussen berekende evapotranspiratie uitgezet tegen de tijd. Uit deze gegevens blijkt dat het totale waterverbruik in verhouding tot de verdamping groot was. Over de hele teeltperiode gerekend was de drainafvoer zelfs groter dan de evapotranspiratie (inclusief wateropname voor de vorming van de verse massa van het gewas). De grote watergift was voornamelijk een gevolg van plaatselijke verstopping van de druppelaars door verontreiniging in het druppelwater en van de steenwolmat zoals uiteengezet in het vorige hoofdstuk.

In maart steeg de waterbehoefte van de plant sterk door de toenemende instraling. De watergift steeg echter relatief nog sterker. Dit was nodig vanwege de slechte waterverdeling veroorzaakt door verstopping van het druppelsysteem. De drainafvoer vertoonde als gevolg daarvan een sterke toename. Het verwijderen van de schroefdobben uit de druppel-doppen (half april) had een verbetering van de waterverdeling tot gevolg. Daardoor kon met een kleinere watergift worden volstaan, wat resulteerde in een lagere drainafvoer in de periode na half april. De daling van de drainafvoer na half mei was het gevolg van een betere afstemming van de watergift op de behoefte van het gewas. Omstreeks half juni werd de drainage van de mat beperkt. Daardoor kon de watergift worden verminderd en nam de drainafvoer verder af. Eind juli en begin augustus werd doorgespoeld om zoutaccumulatie in de mat tegen te gaan.

## 6.2. Vergelijking van de gemeten en berekende verdamping

In tabel 2 en figuur 6 is een vergelijking gemaakt tussen een berekende en de uit de meetgegevens afgeleide verdamping. De gegevens betreffende de berekende verdamping ( $E_b$ ) zijn op lysimeteronderzoek gebaseerd. Uit een onderzoek van De Graaf (2) bij een stookteelt van komkommers in 1978 bleek dat de relatie tussen de globale straling en de evapotranspiratie van een volgroeid komkommersgewas kan worden geschreven door de empirische vergelijking:



Figuur 6. De gemeten en berekende dagelijkse evapotranspiratie (inclusief de gewasopname), gemiddeld per periode van doorgaans zeven dagen.

$$E = a H + b \quad (5)$$

Hierin is  $E$  = evapotranspiratie ( $\text{mm} \cdot \text{dag}^{-1}$ )  
 $H$  = globale straling ( $\text{J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dag}^{-1}$ )  
 $a = 1.62 \times 10^{-3}$  ( $\text{mm} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{J}^{-1}$ )  
 $b = 0.82$  ( $\text{mm} \cdot \text{dag}^{-1}$ )

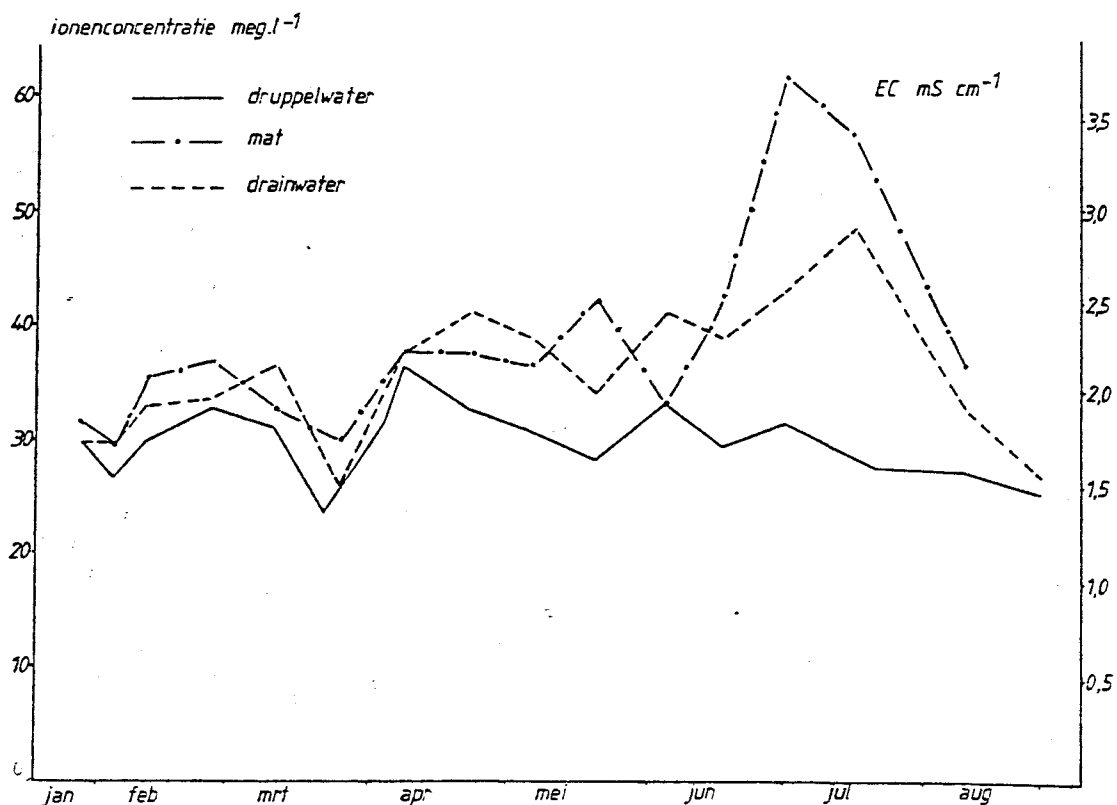
De constanten  $a$  en  $b$  werden door De Graaf via lineaire regressie berekend. De evapotranspiratie  $E_b$  werd met bovenstaande vergelijking per dag berekend en vervolgens over perioden van zeven dagen gemiddeld en in figuur 6 uitgezet. Het gewas werd als volwassen beschouwd vanaf half maart. De  $E_b$  waarden in tabel 2 voor de perioden tot half maart werden berekend met vergelijking (5) vermenigvuldigd met een per periode geschatte plantgrootte factor. De resulterende verdampingsgegevens voor de niet-volwassen plant zijn niet in figuur 6 verwerkt.

Beschouwen wij nu de tabel 2 en figuur 6 dan zien wij dat  $E_g$  en  $E_b$  in de periode van half maart tot half april nagenoeg aan elkaar gelijk zijn. Na deze datum blijft  $E_g$  duidelijk achter bij  $E_b$ . Voor de periode van half april tot het einde van de teelt was gemiddeld  $E_g/E_b = 0.72$ . Twee factoren waren hierbij van belang. In de eerste plaats de berekende verdamping  $E_b$  betrekking op een teelt in de grond. De evaporatie bij een steenwolteelt is aanzienlijk kleiner dan bij een teelt in de grond. In de tweede plaats was de gewasontwikkeling afwijkend. In het begin van de steenwolteelt verschilden deze weinig met die van een teelt in de grond. Dit kan de verklaring zijn voor het feit dat  $E_g$  en  $E_b$  in de periode tot half april nagenoeg aan elkaar gelijk zijn. In de loop van de teelt verslechterde de stand van het gewas van de steenwolteelt aanzienlijk. Het verdampend oppervlak van het gewas was daardoor waarschijnlijk kleiner dan het gewas in het lysimeteronderzoek van De Graaf waaraan vergelijking (5) is ontleend. In de laatste fase van de teelt, in augustus, was door sterke slijtage van het gewas de  $E_g$  aanzienlijk minder dan  $E_b$ .

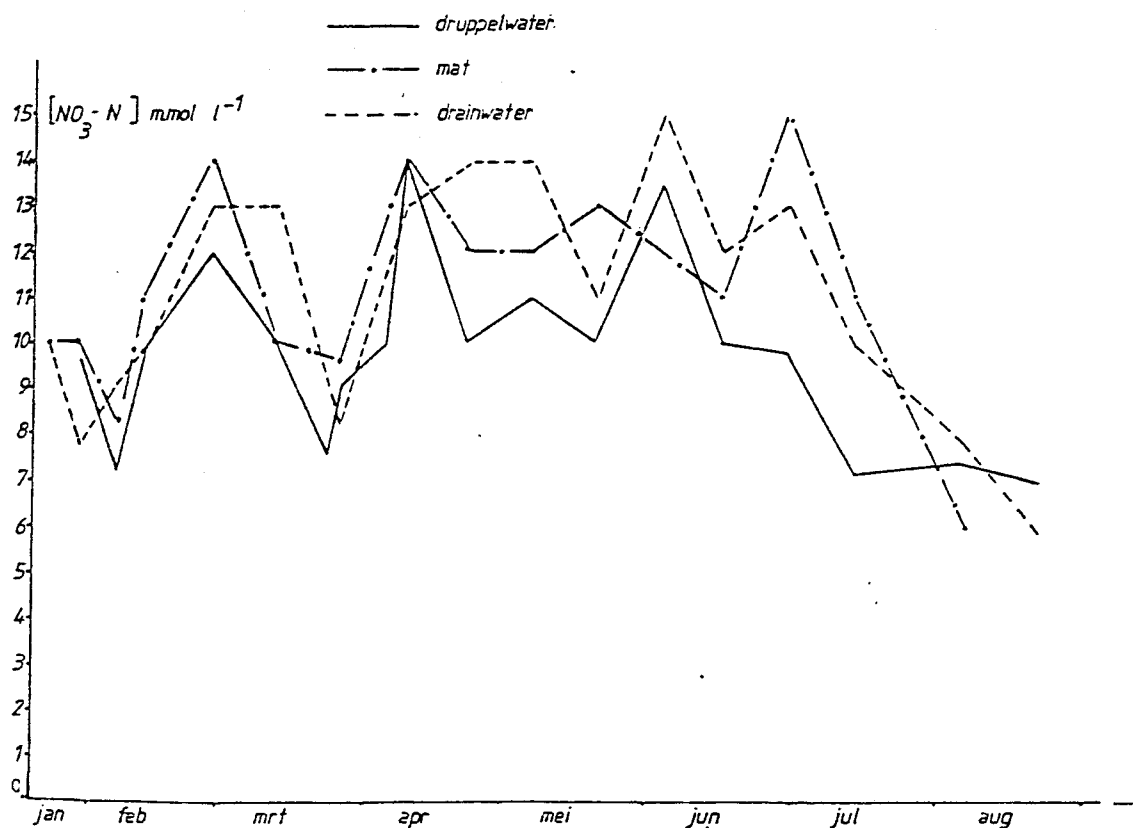
## 7. Resultaten van het onderzoek naar de mineralenhuishouding

### 7.1. De zout- en voedingstoestand in het druppel-, mat- en drainwater

De analysegegevens van het druppel-, mat- en drainwater zijn in figuur 7a. tot en met 7g. weergegeven. Het verloop is voor de totale ionensom, voor de voedingselementen N, P, K, Mg, Ca en voor Cl in afzonderlijke deelfiguren weergegeven. De ionensom in figuur 7a. heeft betrekking op de som van kationen en anionen en is uitgedrukt in meg/l.

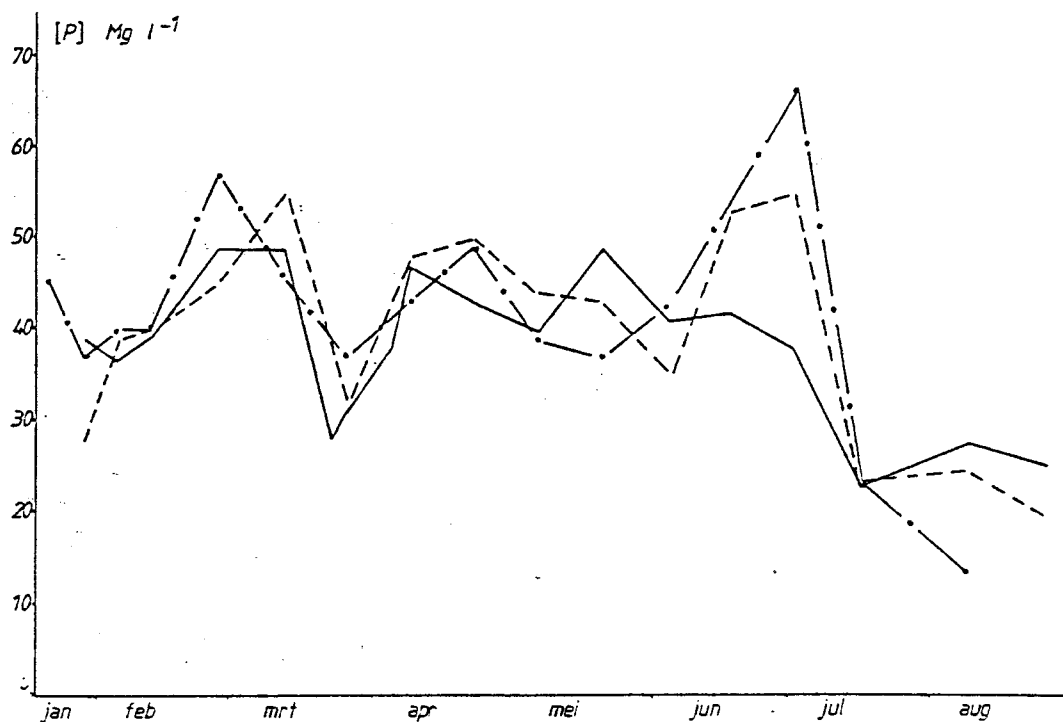


Figuur 7a. Het verloop van de totale ionenconcentratie.  
 De aangegeven EC-waarden komen globaal overeen met de  
 uitgezette ionensom (zie tekst).

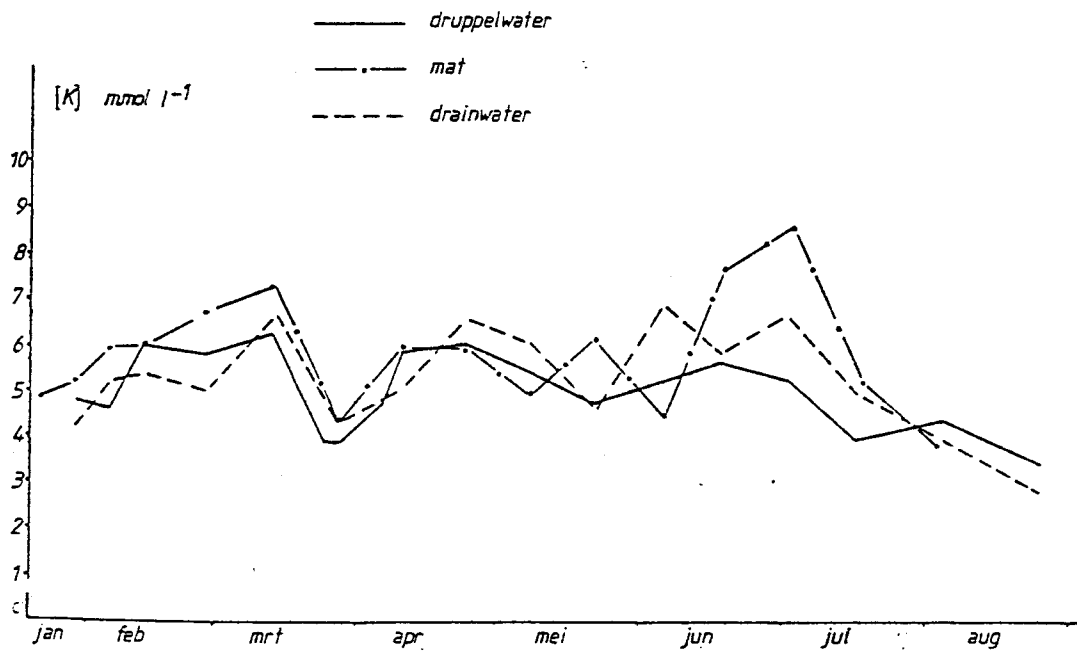


Figuur 7b. Het verloop van de concentratie  $\text{NO}_3\text{-N}$ .

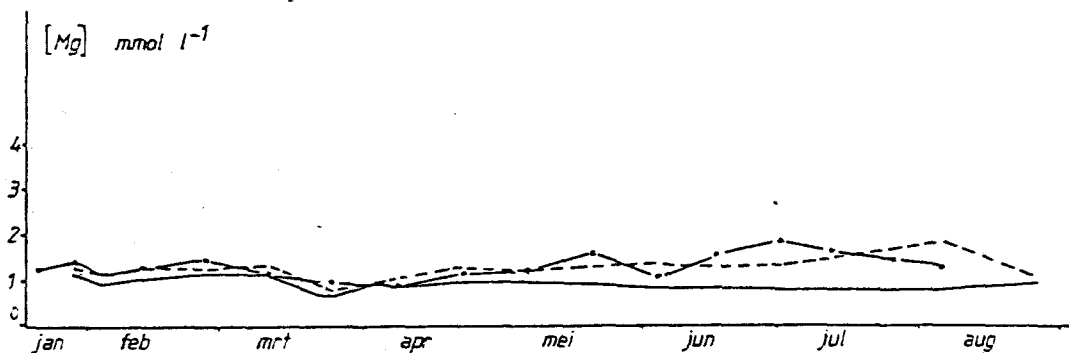




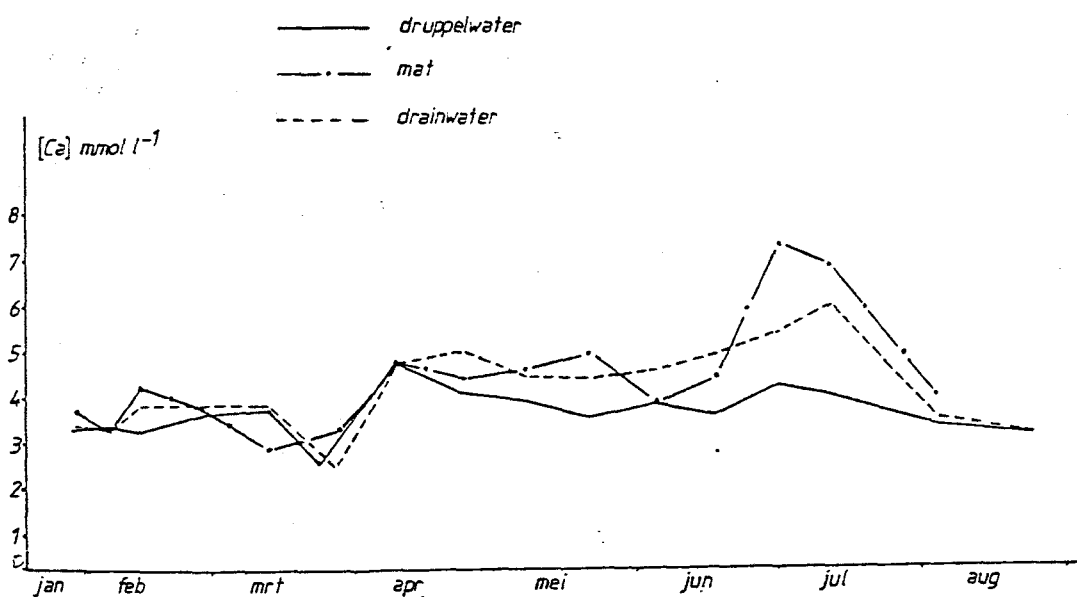
Figuur 7c. Het verloop van de concentratie P.



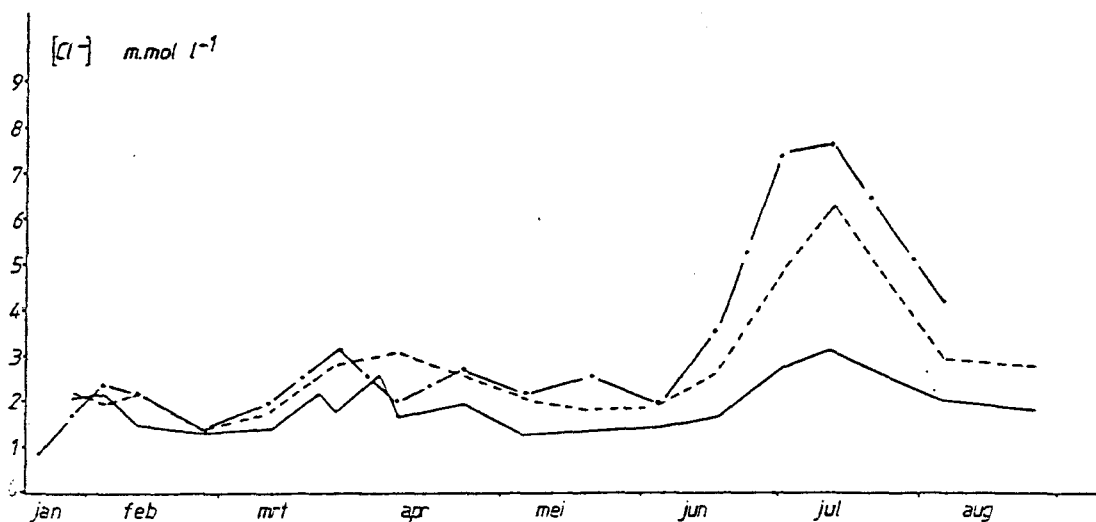
Figuur 7d. Het verloop van de concentratie K.



Figuur 7e. Het verloop van de concentratie Mg.



Figuur 7f. Het verloop van de concentratie Ca.



Figuur 7g. Het verloop van de concentratie Cl.

In deze figuur is ook het met de ionensom overeenkomende geleidingsvermogen (EC) uitgezet. De overeenkomst tussen de ionensom en de EC is niet voor elk punt exact. De in de figuur weergegeven EC-schaal is door lineaire regressie berekend uit analysegegevens van alle in figuur 7 voorkomende punten. In de andere grafieken is de P-concentratie uitgedrukt in mg/l en die van de overige ionen in mmol/l. Opgemerkt dient te worden dat de monsters van het water in de mat slechts momentopnamen zijn terwijl het druppel- en het drainwater proportioneel werden bemonsterd gedurende een periode van doorgaans twee weken.

Bekijken wij het verloop van de ionensom en de concentratie van de verschillende hoofdtoedingselementen in het druppelwater dan zien wij een grote mate van overeenkomst tussen de deelfiguren. Dit ligt ook wel voor de hand. De concentratie van de verschillende hoofdtoedingselementen in het druppelwater wordt bepaald door de verhouding waarin de meststoffen in de oplosbakken worden gemengd en de dosering van geconcentreerde voedingsoplossingen in het basiswater. (De concentratie in het basiswater was vrij constant op een laag niveau). De EC-instelling blijkt een dominerende factor in het concentratieverloop te spelen (zie figuur 7a.). De samenstelling van de geconcentreerde voedingsoplossing varieerde voor wat betreft de hoofdtoedingselementen alleen in de N, K en Ca-concentraties. Zo werd in de periode van 26 maart tot 7 april extra stikstof bemest door aanpassing van de opgeloste hoeveelheden kalksalpeter en kalisalpeter als uiteengezet in hoofdstuk 5. Dit komt ook tot uiting in de figuren 7b., 7d. en 7f. Het beeld wordt echter vertroebeld door de wijziging van de EC-instelling van de concentratiemeter, zoals uit figuur 7a. blijkt. In de loop van de teelt worden er nog enkele wijzigingen aangebracht in de verhouding tussen de genoemde drie elementen. Dit is echter nauwelijks terug te vinden in het concentratieverloop in de betreffende figuren, omdat het om kleine wijzigingen ging, maar vooral omdat de EC-instelling het concentratieverloop domineerde. Het verloop van de ionensom en van de concentraties van de hoofdtoedings-elementen in de mat- en in het drainwater vertoont een samenhang met het verloop in het druppelwater. Deze samenhang wordt enerzijds bepaald door de opname door het gewas en anderzijds door de grootte van de doorspoelfactor, dus door de watergift in verhouding tot de gewastranspiratie. Wat de gewasopname betreft zijn drie situaties mogelijk:

- a. de concentratie in het door de wortels uit de mat opgenomen water (= opname stroom) is gelijk aan de concentratie in het water in de mat;
- b. de concentratie in de opname stroom is hoger dan de concentratie in het water in de mat dus het gewas vertoont een voorkeur voor de opname van ionen ten opzichte van de opname van water;
- c. de concentratie in de opname stroom is lager dan de concentratie in het water in de mat dus het gewas vertoont een voorkeur voor de opname van het water ten opzichte van de opname van het betreffende ion.

In situatie a zullen de concentraties in het druppel-, mat- en drainwater aan elkaar gelijk zijn, in geval b zullen de concentraties in het mat- en drainwater lager zijn dan die in het druppelwater, en in situatie c zullen de concentraties in het mat- en drainwater juist hoger zijn dan in het druppelwater.

In het onderhavige onderzoek worden de effecten van een voorkeursopname van hetzij water hetzij voedingsopnamen echter versluierd door de relatief grote doorspoeling. De voorkeursopname komt beter tot uiting in het con-

concentratieverloop van de voedingselementen in de opname stroom.

Deze wordt besproken in par. 7.3.

Uit figuur 7b. tot en met 7g. blijkt dat in het algemeen de concentraties in het drainwater hoger waren dan die in het druppelwater (beschreven situatie c). Verder komen voornamelijk elementen met uitzondering van Cl relatief korte periodes voor waarin de concentratie in het drainwater gelijk of zelfs iets lager was dan in het druppelwater. Deze periodes van relatief korte duur vallen voor de verschillende elementen niet samen.

De chlorideconcentratie in het druppelwater ligt tot half juni op een laag niveau. Daarna loopt de Cl-concentratie in het druppelwater tijdelijk op. Dit was vooral het gevolg van het minder goed functioneren van de omgekeerde osmose installatie. Het gebruik van leidingwater en slootwater in de maand juli had ook een duidelijke stijging van de chlorideconcentratie tot gevolg. Het verbruik van sloot-, leiding- en ontzoutwater bedroeg in deze maand respectievelijk 100, 150 en 1200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

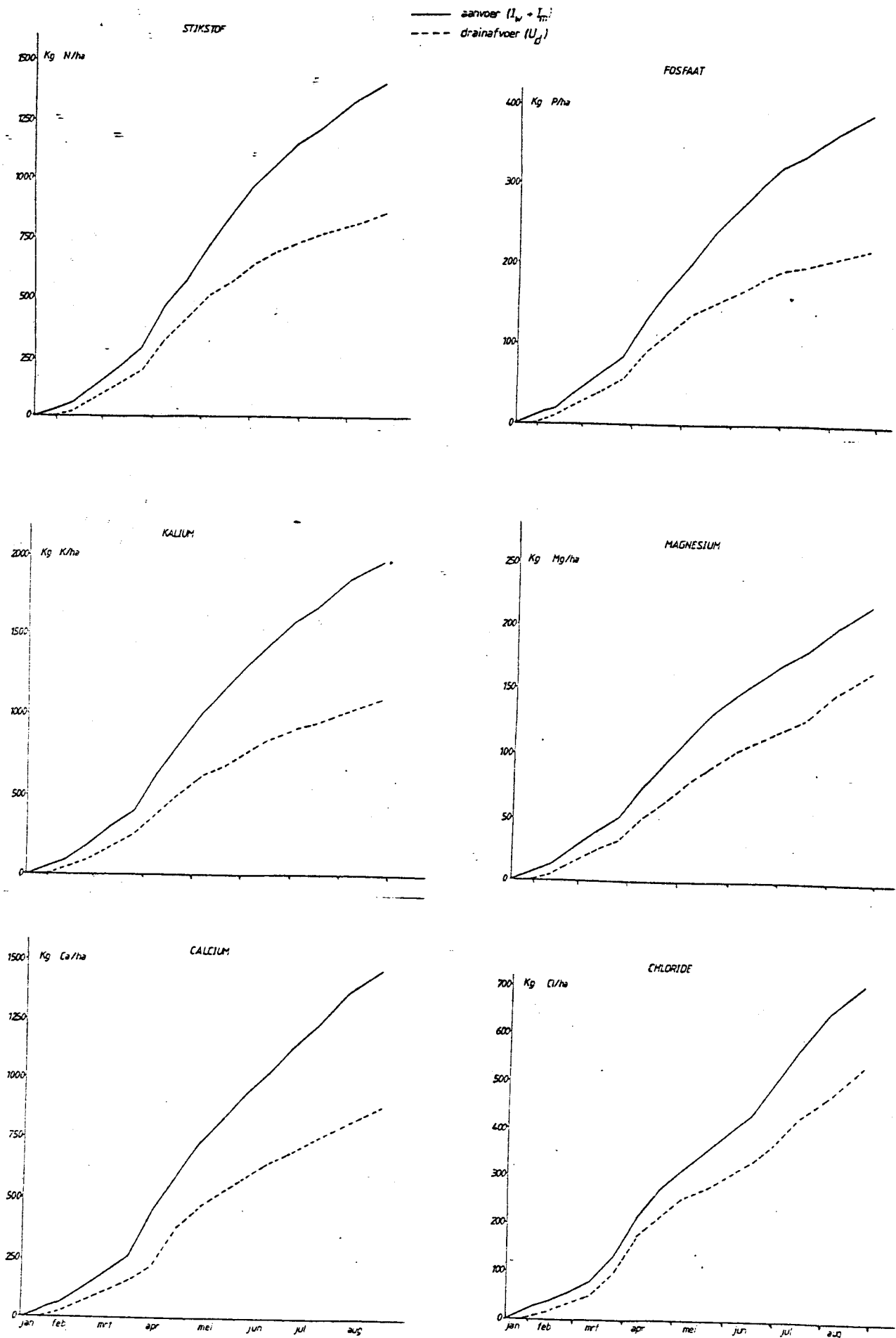
De chlorideconcentraties bedroegen in deze maand respectievelijk 7.0, 4.3 en 2.5 mmol l<sup>-1</sup>. Dit resulteerde in de relatief hoge chlorideconcentratie in het druppelwater van gemiddeld 3.0 mmol.l<sup>-1</sup>. Deze hoge chlorideconcentratie had een accumulatie van chloride in de mat en een stijging van de chlorideconcentratie in het drainwater tot gevolg. Dit effect werd nog versterkt door de tijdelijke beperking van de doorspoeling in die periode.

Voor wat betreft het verloop van de concentratie van het natriumion in het druppel-, mat- en drainwater kan worden gezegd dat deze grote overeenkomst vertoont met het verloop van het Cl-ion. Het verloop van Na is derhalve niet in een figuur opgenomen.

Voor wat betreft sulfaat lag de concentratie in het druppelwater tussen de 0.75 en 1.25 mmol l<sup>-1</sup>. In juli ligt deze door het gebruik van slootwater op 1.4 mmol per liter. De concentratie in de mat ligt doorgaans tussen de 1.0 en 2.5 mmol l<sup>-1</sup>. Mede door het beperken van de doorspoeling in juli loopt deze op tot 3.4 mmol l<sup>-1</sup>.

## 7.2. De aan- en afvoer van mineralen met het druppel- en drainwater

In deze paragraaf worden de grootheden  $I_w$ ,  $I_m$  en  $U_d$  van de mineralenbalansvergelijking besproken. De totale aanvoer ( $I_w + I_m$ ) via het druppelwater werd per periode van twee weken berekend uit de gegevens over de hoeveelheid druppelwater en de mineralensamenstelling daarvan. De afvoerterm  $U_d$  werd op overeenkomstige wijze berekend uit de gegevens over de hoeveelheid en de concentraties in het drainwater. De betreffende metingen hadden betrekking op het onderzoeksgedeelte van het bedrijf. De cumulatieve aanvoer ( $I_w + I_m$ ) en de cumulatieve drainafvoer  $U_d$  zijn berekend in kg/ha. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in de figuren 8a. tot en met 8f. voor respectievelijk N, P, K, Mg, Ca en Cl.



Figuur 8. De cumulatieve aan- en afvoer van N, P, K, Mg, Ca en Cl.

Bekijken wij de figuren, dan valt het allereerst op dat het mestverbruik op een hoog niveau ligt. Ook zien wij dat het verloop van de verschillende grafieken grote overeenkomst vertoont. Het verloop van de cumulatieve aanvoer hangt af van de grootte van de watergift en de kunstmestdosering. De grote aanvoer van mineralen in april wordt veroorzaakt door de grote watergift en hoge mestdosering in die maand (zie figuur 7.). Na april neemt de aanvoer af door een afnemende watergift bij een vrij constante mestdosering. De cumulatieve afvoer van de hoofdvoedingselementen heeft eenzelfde verloop als de cumulatieve aanvoer. De verhouding tussen ( $I_w$  en  $I_m$ ) en  $U_d$  is echter voor elk element verschillend. Deze verhouding is relatief klein voor K en relatief groot voor Mg. De overige hoofdvoedingselementen nemen een tussenpositie in.

De chloride-aanvoer via het druppelwater is tot half maart klein. Door de grote watergift en door de toename van de chlorideconcentratie in het ontzoute water is de aanvoer van dit element in de aansluitende periode tot begin mei groot. Doordat de doorspoelfactor in die periode groot is treedt er geen accumulatie van chloride op. In de periode van mei tot half juni is de aanvoer van Cl weer kleiner door de lagere concentratie in het druppelwater (zie figuur 7.) en de lagere watergift. Daarna loopt de chlorideconcentratie van het druppelwater op doordat de ontzoutingsinstallatie niet optimaal functioneerde. Ook het bijmengen van sloot- en leidingwater in de maand juli heeft een verhogend effect op de Cl aanvoer. Als gevolg hiervan liep de chlorideconcentratie in het druppelwater op tot gemiddeld 3 mmol/l. Dit komt duidelijk tot uiting in figuur 8f. Door het beperken van de drainafvoer in de maand juli stijgt de afvoer van chloride minder snel dan de aanvoer. Als gevolg daarvan treedt er wel accumulatie van chloride in de mat op.

### 7.3. De opname van mineralen door het gewas

In deze paragraaf komt de grootheid  $U_p$  van de mineralenbalansvergelijking aan de orde. De gegevens in de tabellen 3 en 4 hebben betrekking op respectievelijk de samenstelling van de droge stof en op de produktie van verse massa en droge stof van het gewas en de daaruit berekende opname van mineralen.

De gegevens over vrucht- en snoeimateriaal in tabel 3 zijn ontleend aan de analysegegevens van de mengmonsters die uit de met regelmatige tussenpozen

	% van de droge stof							mg per kg			
	N	P	K	Mg	Ca	Na	Cl	Fe	Mn	Zn	B
snoei- materiaal	3.73	0.76	4.74	0.58	8.18	0.14	0.46	172	299	96	150
vrucht	3.26	0.86	5.02	0.25	0.39	0.19	0.65	72	30	98	24
gewas bij einde teelt	3.10	0.72	5.57	0.53	8.14	0.35	1.33	184	233	115	101

Tabel 3. Mineralensamenstelling van de droge stof van het komkommer-gewas en van de vruchten.

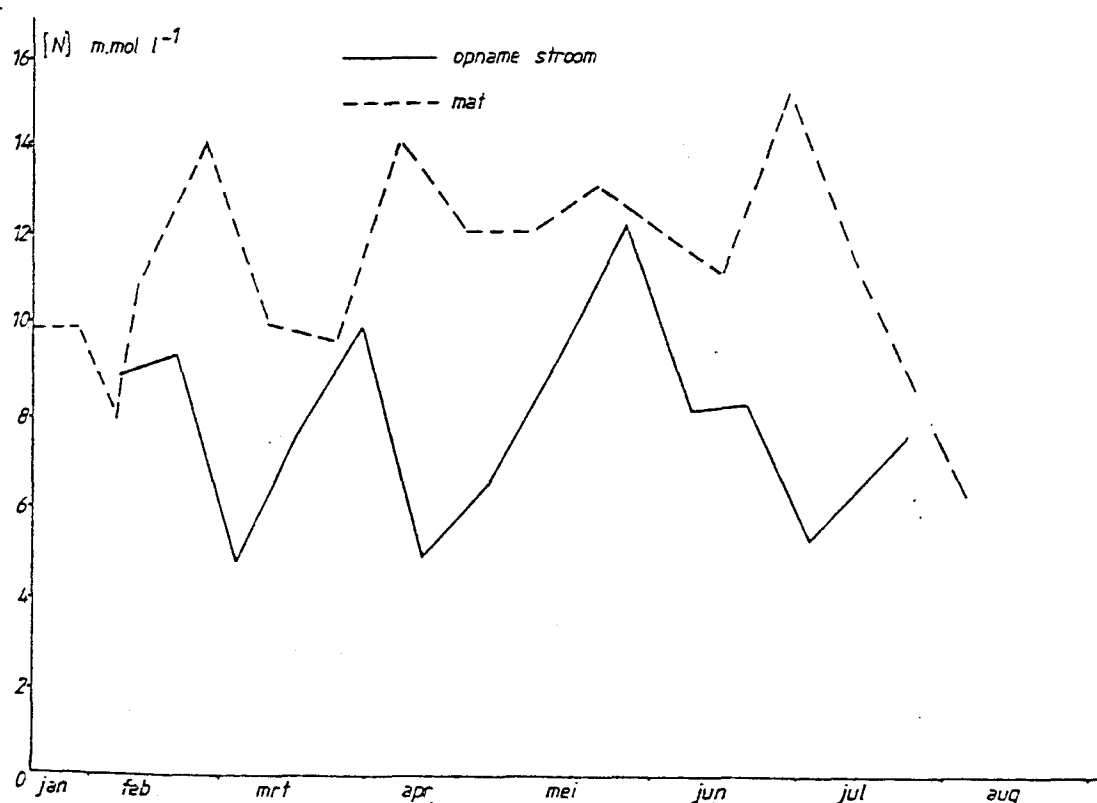
	Vers- gew. kg/ha	droge stof kg/ha	Opname macro-elementen kg/ha							Opname spoorelemen- ten gr/ha			
			N	P	K	Mg	Ca	Na	Cl	Fe	Mn	Zn	B
snoei- materiaal	6.700	710	26	5	34	4	58	1	3	122	212	68	107
vruchten	413.000	12.470	407	107	626	31	49	24	81	898	374	1222	299
gewas bij einde teelt	22.800	3.970	123	29	211	21	323	14	53	730	925	457	401
Totaal gewas	442.500	17.150	556	141	881	56	430	39	137	1750	1511	1747	807

Tabel 4. Verse- en drogestof-produktie en opname van mineralen

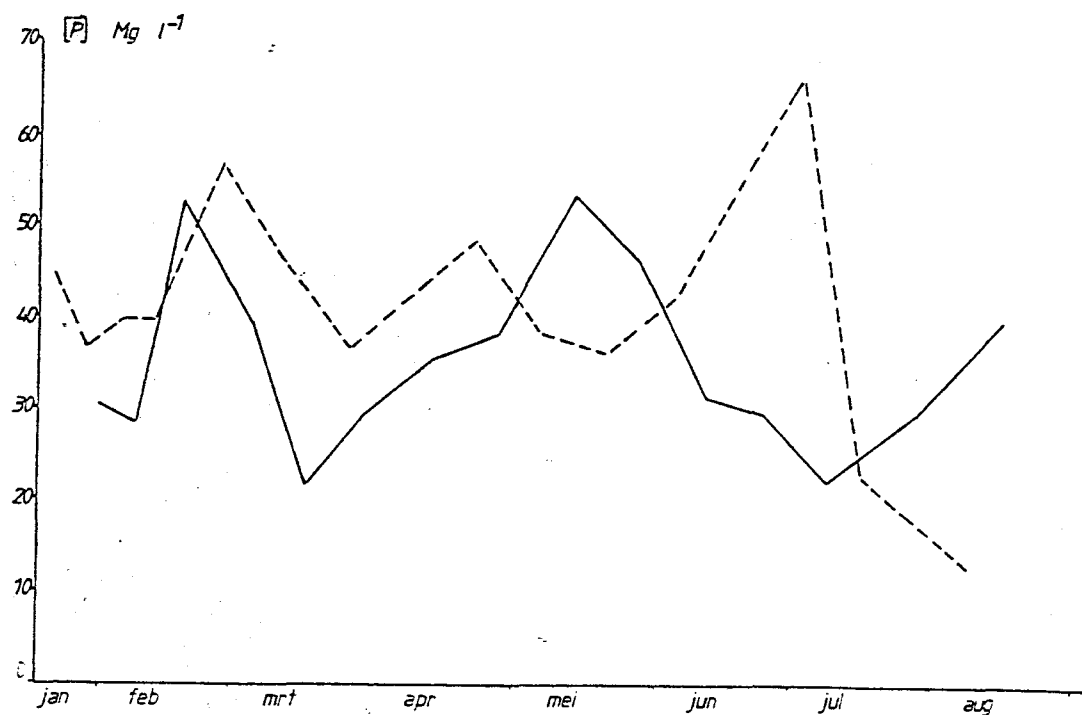
tijdens de teelt genomen monsters waren samengesteld. Daarnaast werd het afgedragen gewas op het onderzoeksgedeelte aan het eind van de teelt be-  
monsterd en geanalyseerd.

De totale opname in tabel 4 werd berekend aan de hand van de droge stof-  
produktie en de gegevens uit tabel 3. De vruchtproduktie van de teelt  
kon niet worden achterhaald. Daarom werd voor de afgevoerde vruchtmasa  
gerekend met gegevens over de gemiddelde produktie van de op steenwol  
geteelde komkommers uit het jaar 1978 (zie par. 4.3.). De totale opname  
U is onderaan in tabel 4 berekend als de som van bijdrage van de onder-  
scheiden plantendelen.

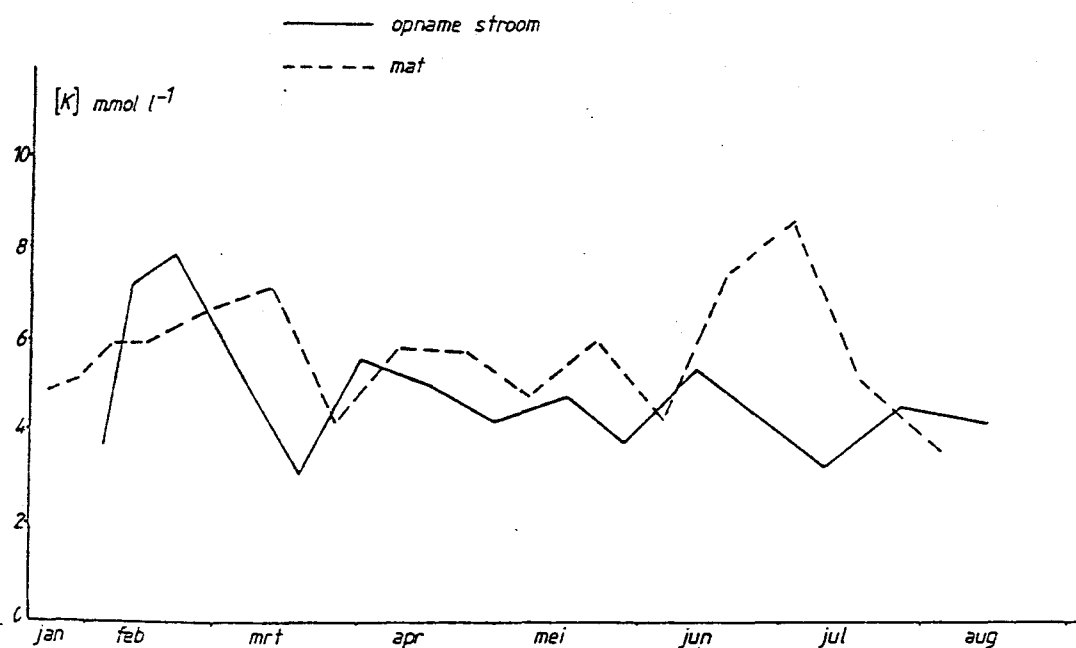
Behalve aan de tot de gewasopname is ook aandacht besteed aan het verloop  
van de opname gedurende de teeltperiode. Hiertoe is voor elke deelperiode  
van twee weken de opname berekend als het verschil van de aanvoer via het  
druppelwater en de afvoer via het drainwater.



Figuur 9a. Het verloop van de concentratie N in de opname-

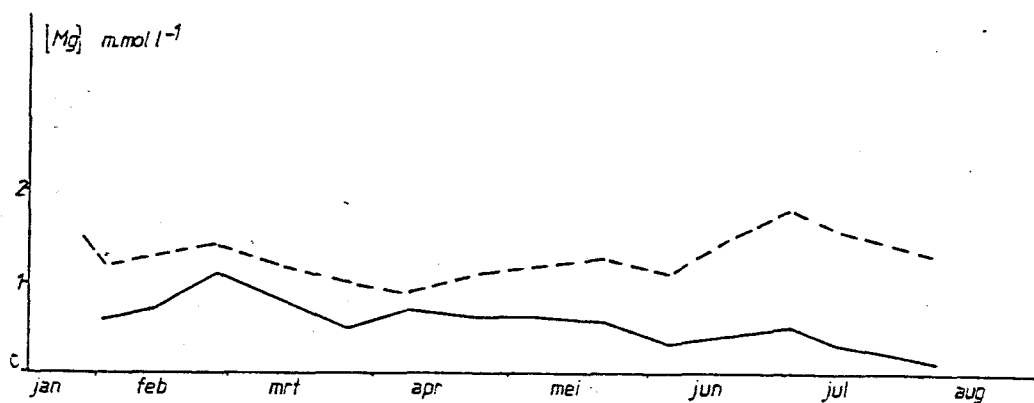


Figuur 9b. Het verloop van de concentratie  $P$  in de opnamestroom en in de mat.

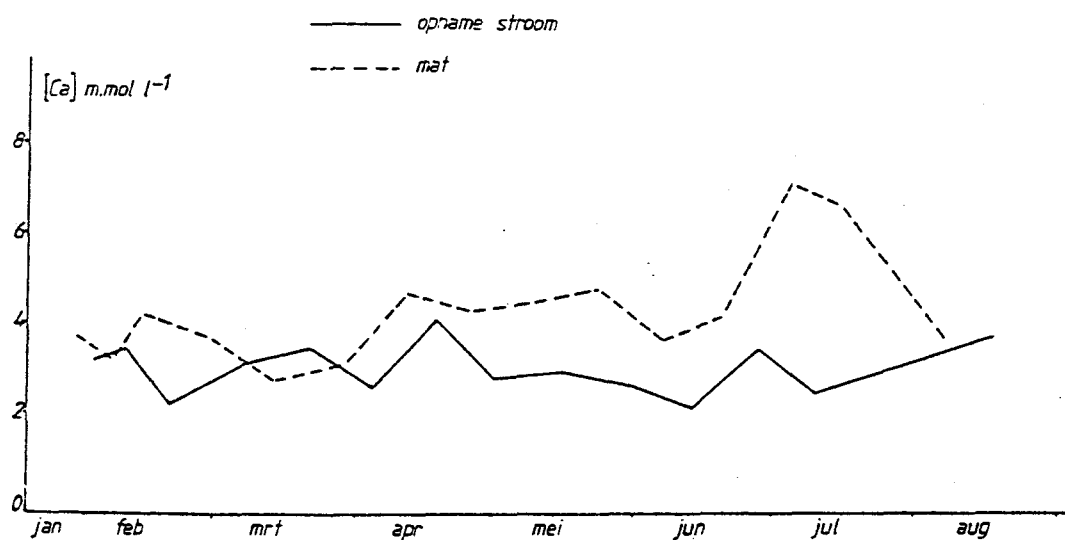


Figuur 9c. Het verloop van de concentratie  $K$  in de opnamestroom en in de mat.

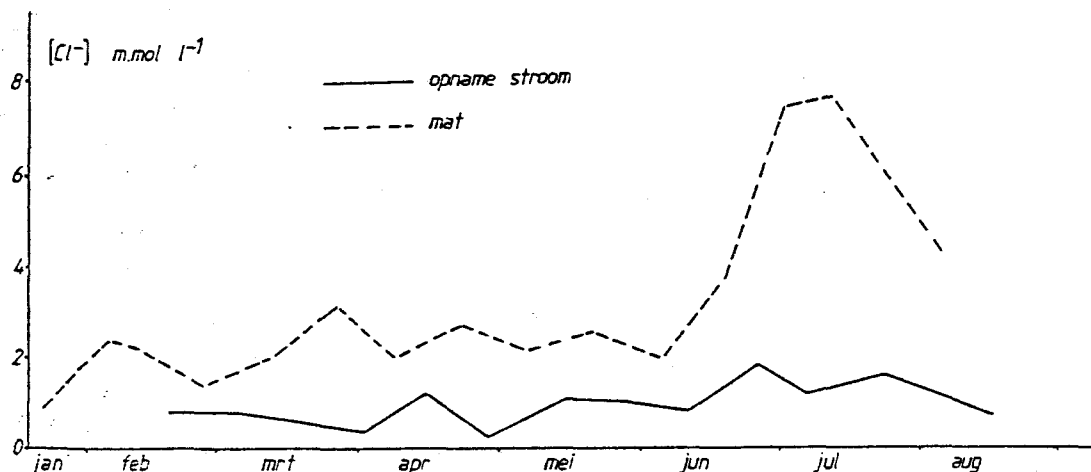




Figuur 9d. Het verloop van de concentratie Mg in de opnamestroom en in de mat.



Figuur 9e. Het verloop van de concentratie Ca in de opnamestroom en in de mat.



Figuur 9f. Het verloop van de concentratie Cl in de opnamestroom en in de mat.

Deze opname per deelperiode is vervolgens gedeeld door de wateropname, afgeleid uit de waterbalans. Dit resulteerde in een gemiddelde concentratie in het door het gewas opgenomen water voor de betreffende deelperiode. Het resultaat is uitgezet in figuur 9a. tot en met 9f. respectievelijk N, P, K, Mg, Ca en Cl. Daarnaast is in de deelfiguren ook het verloop van de concentraties in het matwater, overgenomen uit figuur 7., weergegeven. In het algemeen blijkt de concentratie in het matwater hoger te zijn dan die in de opnamestroom. Gemiddeld is het verschil relatief klein voor P en K en relatief groot voor N en Cl. Verder blijkt de opname voor Ca en in iets mindere mate voor K redelijk gelijkmatig te verlopen. De opname van N en P vertoont daarentegen sterke schommelingen. Factoren die een dergelijk verloop tot gevolg kunnen hebben zijn de gewas- en vruchtgroei en het verdampingsniveau.

#### 7.4. De mineralenbalans

Alle gegevens met betrekking tot de mineralenbalans zijn samengevat in tabel 5. De elementen S en Cu zijn niet in de gewasmonsters geanalyseerd.

	Hoeveelheden in kg/ha								Hoeveelheden in g/ha				
	N	P	K	Mg	Ca	Na	Cl	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu
aanvoer met ontzout water	75	11	85	39	74	228	455	31	810	-	-	2450	-
aanvoer met regenwater	8	2	7	2	4	-	7	-	30	-	1090	-	-
aanvoer met oppervlaktewater	3	-	6	3	19	10	15	14	-	10	-	30	-
aanvoer met leidingwater	-	-	2	3	19	17	32	7	30	-	-	-	-
Totale aanvoer met basiswater ( $I_w$ )	86	13	100	47	116	255	509	52	870	10	1090	2480	-
Aanvoer via opgeloste kunstmest ( $I_m$ )	1313	375	1871	171	1356	(127)	(197)	285	3050	4420	1880	1230	310
Aanvoer ( $I_w + I_m$ )	1399	388	1971	218	1472	382	706	337	3920	4430	2970	3710	310
Afvoer via drainwater ( $U_d$ )	852	218	1091	162	888	319	534	266	3470	1810	1760	2680	240
Afvoer via plantopname ( $U_p$ )	556	141	881	56	430	39	137	?	1750	1511	1747	807	?
Afvoer ( $U_d + U_p$ )	1408	359	1972	218	1318	358	671	?	5220	3321	3507	3487	?
$(I_w + I_m) - (U_d + U_p)$	- 9	+ 29	- 1	0	+154	+ 24	+ 35	?	- 1300	+ 1109	-537	+223	?

Tabel 5. Samenvatting van de mineralenbalansgegevens

Voor deze elementen is  $U_p$  derhalve niet bekend.

Bij de hoofdelementen is de aanvoer via de kunstmest sterk dominerend, behalve voor Na en Cl. Laatstgenoemde elementen worden in hoofdzaak via het ontzoute bronwater aangevoerd. De bijdrage van het oppervlakte- en leidingwater zijn van geheel ondergeschikt belang. Dat ligt ook voor de hand gezien het zéér beperkte gebruik van dat water.

Ook moet worden gewezen op de bijdrage van de in het basiswater aanwezige sporenelementen tot de totale aanvoer. Het aandeel in de aanvoer van Fe en B via het ontzoute water was aanzienlijk. Ook het aandeel van de aanvoer van Zn via het regenwater was groot. Dit hing samen met de verzinkte onderdelen van het kasdek waarvan het regenwater werd verzameld. Bekijken wij de tabel dan valt direct op dat de mestgift en de afvoer van mineralen via het drainwater groot waren in verhouding tot de gewasopname. Dit was een gevolg van de hoge watergift. Vooral voor Na en Cl was de gewasopname klein en de drainafvoer juist relatief groot. Een en ander was het gevolg van de overheersende invloed van de aanvoer van deze mineralen

met het basiswater.

Voor wat betreft de macrovoedingselementen is  $U_d$  voor Mg en S relatief hoog. Voor N, P, K en Ca ligt  $U_d$  op een iets lager niveau.

Bezien wij nu het verschil tussen de som van de aanvoer grootheden ( $I_w + I_m$ ) en de afvoer grootheden ( $U_d + U_p$ ) dan zien wij dat voor de macro-elementen N, P, K, Mg, Na en Cl dit verschil minimaal is.

De verschillen tussen aan- en afvoer zijn klein ten opzichte van de totale balanshoeveelheden. Een kleine monster of analysefout zou al een dergelijk klein verschil kunnen verklaren. Verder moet bedacht worden dat de berekende  $U_p$  niet was gebaseerd op de produktiegegevens van het bedrijf waar het onderzoek plaatsvond. Derhalve kan worden gesteld dat behalve de genoemde termen geen toevoer c.q. ontrekking aan het systeem plaatsvond door bijvoorbeeld denitrificatie van  $NO_3^-$ -N of door absorptie of desorptie van de mat. Dit laatste blijkt ook uit analysegegevens van de mat aan het begin en einde van de teelt. Hierbij bleek dat de bergingsveranderingen voor deze mineralen niet van betekenis waren (zie bijlage). Voor Ca is het verschil tussen aanvoer en afvoer 154 kg/ha. Bij analyse van de mat bleek echter de berging in de mat juist afgenomen te zijn. Mogelijk wordt Ca in de mat vastgelegd en wel zodanig dat het bij extractie niet meer volledig vrijkomt. Voor wat betreft de sporenelementen Fe en Mn werden relatief grote verschillen gevonden tussen de aan- en afvoer. De verklaring moet voor Fe gezocht worden in het feit dat de steenwol een hoog Fe-gehalte heeft. Dit blijkt bij extractie van de steenwolmat (zie bijlage). Mogelijk is een deel van het Fe in het drainwater uit de mat afkomstig en niet uit de Fe-bemesting. Voor het feit dat de totale afvoer van mangaan een kwart achter blijft bij de aanvoer, is geen verklaring aan te geven. Bij analyse van de mat bleek de mangaanberging zelfs afgenomen. Voor wat betreft Zn en B is de restterm relatief klein. De monster of analysefout kan de oorzaak zijn van het deficit.

## 8. Discussie

De vraag kan worden gesteld in hoeverre de berekende mineralenbalans representatief was voor het bedrijf als geheel. De balansgegevens werden immers op een relatief klein gedeelte van het bedrijf bepaald. Het onderzoeksgedeelte besloeg slechts circa 0,5% van het totale oppervlak. Het bleek mogelijk de aanvoer van mineralen naar het onderzoeksgedeelte te vergelijken met de aanvoer naar het gehele bedrijf. Indien het onderzoeksgedeelte representatief was voor het gehele bedrijf, dan zou moeten gelden

$$M_b + W_b \cdot C_{\text{basis}} = W_o \cdot C_o \cdot \frac{O_b}{O_o}$$

en

$$\frac{W_b/O_b}{W_o/O_o} = 1$$

waarin  $M_b$  = aanvoer minerale stof uit opgeloste kunstmest voor gehele bedrijfsoppervlak  
 $W_b$  = watergift voor gehele bedrijf  
 $C_{basis}$  = concentratie minerale stof in basiswater  
 $W_o$  = watergift voor onderzoekgedeelte  
 $C_o$  = concentratie minerale stof in het op het onderzoekgedeelte verstrekte water  
 $O_b$  = oppervlak gehele bedrijf  
 $O_o$  = oppervlak onderzoekgedeelte.

Alle grootheden uit de eerste vergelijking, met uitzondering van  $W_b$ , kunnen uit de verzamelde gegevens worden afgeleid. De grootheid  $W_b$  kan dus als restterm worden berekend en worden ingevuld in de tweede vergelijking. Deze procedure werd achtereenvolgens voor N, P, K, Mg en Ca uitgevoerd. De berekende verhouding (tweede vergelijking) bleek dan voor deze elementen respectievelijk 1.11, 1.09, 1.08, 1.05 en 1.05 te zijn. Het gemiddelde was circa 1.08. Hieruit is geconcludeerd dat de watergift per m<sup>2</sup> voor het gehele bedrijf zo'n 5 à 10% hoger is geweest dan op het onderzoekgedeelte.

## 9. Samenvatting en conclusies

In de periode van 19 januari tot 29 augustus 1979 werd op een praktijkbedrijf bij een komkommerteelt op steenwol een onderzoek gedaan naar de water- en mineralenhuishouding. De kas besloeg een oppervlakte van in totaal 18.700 m<sup>2</sup>, maar de waarnemingen werden geconcentreerd op een beperkt gedeelte met een oppervlakte van 105 m<sup>2</sup>. Voor de watervoorziening van het gewas werd in hoofdzaak gebruik gemaakt van ontzout bronwater.

De kwantificering van de waterbalansgegevens gaf geen bijzondere problemen. De evapotranspiratie werd als restterm van de waterbalans berekend en vergeleken met een berekende evapotranspiratie gebaseerd op eerdere lysimeteronderzoekingen. De gemeten en berekende E bedroegen respectievelijk circa 460 en 590 mm. Het verschil moet worden toegeschreven aan de evaporatie, die bij het lysimeteronderzoek meespeelde maar bij dit substraatteeltsysteem minimaal zal zijn en ook de gewasontwikkeling. De verhouding D/R met respectievelijk de druppelaanvoer en de afvoer uit de mat was over de hele teeltperiode gerekend 0.55. Dit betekent dus dat meer dan de helft van het verstrekte water verloren ging en minder dan de helft door het gewas werd opgenomen. Verontreiniging en later verstopping van het druppelsysteem zijn hierop van grote invloed geweest.

De kwantificering van de mineralenbalans leverde voor wat betreft de aanvoer via het druppelwater en de afvoer via het drainwater geen problemen op. De gewasopname werd geschat uitgaande van de produktiegegevens uit een ander onderzoek op komkommerbedrijven dat in dezelfde periode plaatsvond. Voor de hoofdvoedingselementen N, K en Mg werd een nagenoeg sluitende balans verkregen wanneer werd aangenomen dat alleen bemesting, drainafvoer en gewasopname kwantitatief van belang waren. Voor Ca bleek dit niet zo te zijn. De aanvoer via de bemesting was voor dit element

groter dan de som van de drainafvoer en de gewasopname hetgeen dus wijst in de richting van vastlegging in de vorm van calcium in de mat.

De resultaten van het onderzoek kunnen niet als representatief voor bedrijven met een teelt van komkommer op steenwol beschouwd worden. Genoemde verstoppingsproblemen van het druppelsysteem hebben verkwisting van water en meststoffen in de hand gewerkt. Dit heeft geleid tot het extreem hoge water- en meststoffenverbruik in verhouding tot de opname door het gewas.

#### Literatuur overzicht

1. Keyzer, J.A.A., Opbrengst onderzoek van komkommers in steenwol 1978. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk.
2. De Graaf, R. Intern jaarverslag 1978 van het Proefstation voor de Groenten en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk. Project titel: De waterhuishouding van kasgewassen.

#### Bijlage (Analyse van de steenwolmat)

Voor en na de teelt werd de steenwolmat geanalyseerd. Er werden drie extracties toegepast namelijk de extractie met  $H_2O$ ,  $HCl$  geconcentreerd en 3% citroenzuur. De extracties werden als volgt uitgevoerd: 1 gram fijngemalen mat werd met 1 liter extractiemiddel gedurende 15 minuten gekookt. Na afkoelen en filtreren zijn de analyses uitgevoerd. De analyseresultaten zijn in tabel 6. weergegeven. Ook is de hoeveelheid van de verschillende mineralen (in  $kg/ha$ ) in de mat, voor en na de teelt berekend (tabel 7.).

	extractie met water		extractie met zoutzuur		extractie met citroenzuur	
	nieuw	oud	nieuw	oud	nieuw	oud
$\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$	0.09	0.14	0.11	0.13	0.06	0.11
Na	0.02	0.02	0.78	0.96	0.79	0.98
K	0.0	0.0	0.06	0.07	0.08	0.09
Ca	0.02	0.01	2.74	2.80	2.25	2.34
Mg	0.04	0.02	2.88	2.12	2.76	2.12
Cl	0.26	0.04	-	-	0.39	0.44
P	0.0	0.0	0.01	0.06	0.01	0.05
EC	0.04	0.02	-	-	-	-
Zn	2	1	4	4	3	4
Mn	0	0	30	30	26	28
Fe	1	0	448	422	425	422
pH	4.0	5.3	0.8	0.8	3.6	3.5

Tabel 6. De concentraties mineralen van de verschillende extracten van de mat.  
De concentraties macro-elementen zijn uitgedrukt in  $\text{mmol.l}^{-1}$  extract en de concentraties sporenelementen in  $\text{umol.l}^{-1}$

	extractie met zoutzuur		extractie met citroenzuur	
	nieuw	oud	nieuw	oud
$\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$	19	22		
Na	185	215		
K	24	27		
Ca	1128	1090		
Mg	720	501		
Cl			143	152
P	3	18		
Zn	2.7	2.5		
Mn	17	16		
Fe	258	230		

Tabel 7. Mineralensamenstelling van de extracten van de mat (het HCl extract voor  $\text{NH}_4$ , Na, K, Ca, Mg, P, Zn, Mn en Fe en het 3% citroenzuur voor Cl) omgerekend naar kg/ha.

Voor  $\text{NH}_4$ , Na, K, Ca, Mg P, Zn, Mn en Fe werd hiervoor de extractie met HCl gebruikt. Voor het berekenen van de hoeveelheid Cl werd de 3% citroenzuur extractie gebruikt.

Bekijken wij de gegevens dan zien wij dat de hoeveelheden N, P, K, die bij extractie vrijkomen ten opzichte van de totale mineralen input zeer laag zijn. Dit geldt ook voor de extractie met water voor de elementen Na, Ca, Mg en in mindere mate voor Cl. Pas bij aanzuring komt ervan deze elementen meer vrij uit de steenwolmat. Het elementen Mg vinden wij duidelijk minder terug in de oude mat als in de nieuwe mat. In de mineralenbalans wordt een input Mg welke afkomstig zou zijn uit de steenwolmat niet terug gevonden. De afname van Mg in de mat is derhalve niet te verklaren.

Verandering van de hoeveelheden Na, Ca en Cl door aanzuring verkregen extracten zijn relatief klein. Voor wat betreft de sporenelementen Fe en Mn zijn de hoeveelheden in het waterextract klein. Bij aanzuring blijken relatief grote hoeveelheden van deze elementen vrij te komen. Mogelijk is een gedeelte van deze mineralen in de mat, ook beschikbaar voor de plant.